

PRODUKSI ETANOL DARI LIMBAH PADAT TAPIOKA DENGAN *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*

Astri Nugroho¹, Edison Effendi², Lydia Wongso³

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti,
Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta 11440

E-mail : astrinugroho@trisakti.ac.id¹; lydia_wongso@yahoo.com³

Abstrak

Limbah padat tapioka berupa ampas hasil ekstraksi dari pengolahan tepung tapioka dapat dikembangkan manfaatnya dengan cara mengolah limbah tersebut secara fermentasi menjadi glukosa, dan diteruskan menjadi etanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase etanol yang terbentuk dari hasil dekomposisi mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka dan mengetahui nilai rasio C/N pada proses fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan 10% dan 20% fungi *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* secara *mix culture* pada limbah padat tapioka seberat 50 gr, 100 gr, 150 gr, 200 gr, dan 250 gr. Persentase etanol terbanyak yang terbentuk sebanyak 2,485% diperoleh dengan penambahan 10% mikroorganisme *mix culture* terhadap 50 gr limbah padat. Pada perlakuan itu diperoleh biomassa sebanyak $6,14 \times 10^{17}$ koloni/gram, pada pH 4,36; dengan nilai rasio C/N 3,4; sedangkan pada penambahan konsentrasi mikroorganisme *mix culture* 20%, diperoleh jumlah biomassa $6,26 \times 10^{17}$ koloni/gram, pH 3,54; nilai rasio C/N 2,08; dan etanol yang terbentuk sebanyak 2,123%. Fermentasi dilakukan 5 hari, dan hasilnya didestilasi. Nilai kinetika pada konsentrasi 10% mikroorganisme *mix culture* terhadap 50 gr limbah padat tapioka yaitu laju pertumbuhan (μ) adalah 0,000996-0,006423 1/jam, laju pertumbuhan maksimum (μ_m) adalah 0,00826/jam, konstanta kejenuhan (K_s) adalah $7,55 \times 10^{-11}$ mg/l, hasil pertumbuhan (Y) adalah 0,0287, laju utilisasi substrat spesifik (q) adalah 0,034–0,22 1/jam, hasil pertumbuhan yang nyata (Y_t) adalah 0,0287/jam, koefisien kematian (K_d) adalah 0,022-0,0277/jam sedangkan nilai kinetik dengan penambahan 20% *mix culture* mikroorganisme pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0,00079$ -0,007 1/jam, $\mu_m = 0,007$ /jam, $K_s = 1,7 \times 10^{-10}$ mg/l, $Y = 0,0287$, $q = 0,0275$ –0,245 1/jam, $Y_t = 0,0287$ /jam, $K_d = 0,00079$ -0,007/jam.

Abstract

Ethanol Production from Solid Waste of Tapioca Using *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. Solid waste of tapioca flour production could be converted into ethanol through fermentation. The aim of this experiment is to investigate the capacity of microorganism and the C/N ratio resulted by the fermentation of the solid waste from the tapioca production. A 10% and 20% fungus mix culture of *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae* were added to 50 gr, 100 gr, 150 gr, 200 gr, and 250 gr of tapioca solid waste. The 50 gr sample with 10 % microorganism could results 2.485 % ethanol, biomass amount of $6,14 \times 10^{17}$ colony/gr with pH 4,36; C/N ratio 3,4. The adding of 20% microorganism results biomass of $6,26 \times 10^{17}$ colony/gr, pH 3,54, C/N ratio of 2,08 and 2,123% ethanol. The waste was fermented for 5 days and before the destilation. The kinetic of 10% microorganism for 50 gr tapioca solid waste is $\mu = 0,000996$ -0,006423 1/hr, $\mu_m = 0,00826$ /hr, $K_s = 7,55 \times 10^{-11}$ mg/l. $Y = 0,0287$, $q = 0,034$ –0,22 1/hr, $Y_t = 0,0287$ /hr, $Y_{obs} = 0,00099$ -0,0064/hr, $K_d = 0,022$ -0,0277/hr and the kinetic of 20% mikroorganism for 50 gr is $\mu = 0,00079$ -0,007 1/hr, $\mu_m = 0,007$ /hr, $K_s = 1,7 \times 10^{-10}$ mg/l, $Y = 0,0287$, $q = 0,0275$ –0,245 1/hr, $Y_t = 0,0287$ /hr, $Y_{obs} = 0,00217$ -0,0279/hr, $K_d = 0,00079$ -0,007/hr.

Keywords: Bioethanol, decomposition, solid waste of tapioca, *Aspergillus niger*, *Saccharomyces cerevisiae*

1. Pendahuluan

Di Indonesia permintaan tepung tapioka cenderung meningkat karena peningkatan jumlah Industri makanan yang menggunakan bahan baku tapioka. Pada tahun 1996 – 2001 Indonesia menghasilkan rata-rata 15 – 16 juta ton tapioka dari Industri tapioka yang berlokasi di Sumatra, Jawa, dan Sulawesi. Jumlah produksi tapioka yang terserap pasar dalam negeri sebanyak 13 juta ton dan permintaan dalam negeri mengalami peningkatan 10% per tahun. Saat ini, produksi tapioka Indonesia belum dapat memenuhi pasar dengan maksimal karena setiap tahun meningkat 10% atau 1,3 juta ton pertahun. Sementara 70% produksi dihasilkan dari Pulau Sumatra, sedangkan 30% merupakan produksi Pulau Jawa dan Sulawesi. Hal tersebut mengindikasikan masih luasnya potensi usaha dan permintaan tapioka di Indonesia.

Industri tepung tapioka dalam prosesnya menghasilkan limbah yang masih mengandung pati. Pemanfaatan limbah padat tersebut belum optimal dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Upaya pengendalian dan pengelolaannya dilakukan untuk menciptakan lingkungan yang bersih, aman dan sehat, seiring dengan meningkatnya jumlah dan kualitas limbah. Berbagai upaya yang telah dilakukan seperti daur ulang (*recycling*), ataupun pemanfaatan kembali (*reuse*) bahan yang masih dapat digunakan merupakan usaha yang cukup baik untuk mengurangi limbah padat.

Semakin berkurangnya sumber bahan bakar fosil, Indonesia menargetkan program yang diharapkan dapat menjadi jalan keluar terbaik dari ancaman krisis bahan bakar dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yaitu dengan mengembangkan *biofuel* (bahan bakar nabati). Etanol mempunyai nilai ekonomis (nilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan sehingga mempunyai nilai tambah) yang tinggi karena etanol dapat berfungsi sebagai pelarut, bahan bakar dan sebagainya.

Ditinjau dari kandungan pati, limbah padat tapioka mempunyai potensi untuk dikembangkan manfaatnya, yaitu dengan mengolah limbah secara fermentasi menjadi glukosa dan diteruskan menjadi etanol. Pati merupakan salah satu karbohidrat yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa, dan selanjutnya melalui proses fermentasi glukosa dirubah menjadi etanol. Fermentasi glukosa menjadi etanol dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme jenis *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*.

Dharmasthiti *et al* (1984 dalam Astuti, 1999) menjelaskan bahwa *Aspergillus niger* termasuk kelas *Acomycestes*, ordo *Aspergillales* (*Plectascales*), keluarga *Aspergillaceae*, genus *Aspergillus* (Raper dan Fennell, 1997). Fungi ini dikenal sebagai jamur

amilolitik karena mengandung enzim glukamilase yang dapat menghidrolisis pati yang menghasilkan glukosa. Rahayu (1988 dalam Pujiastuti, 1999) menyebutkan bahwa *Saccharomyces* berasal dari bahasa Mesir yaitu *saccharos* yang berarti gula dan *mycos* yang berarti jamur. Ragi ini merupakan jasad renik yang fakultatif anaerobik (dapat hidup dengan dan tanpa oksigen) dengan kemampuan membentuk etanol dan karbondioksida yang tinggi. Fermentasi gula dengan *Saccharomyces cerevisiae* hasil menurut (seimbang) reaksi kimia:



Maksud Penelitian Tugas Akhir ini adalah melakukan dekomposisi limbah padat tapioka dengan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Tujuan dilakukannya Tugas Akhir ini adalah untuk : mengetahui persentase etanol yang terbentuk dari hasil dekomposisi mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka dan mengetahui nilai rasio C/N pada proses fermentasi

2. Metodologi Penelitian

Bahan. Substrat yang digunakan adalah limbah padat tapioka sedangkan mikroorganisme yang digunakan adalah *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari Laboratorium ITB. Untuk menumbuhkan mikroba, diperlukan *Nutrien Agar* dan *Nutrien Brooth*. Untuk analisis N_{Total} diperlukan HgO , H_2SO_4 pekat, H_3BO_3 , indikator pp, $NaOH$, $Na_2S_2O_3$, dan KNa tatarat. Untuk analisis glukosa diperlukan Na_2SO_4 , KNa tatarat, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, amonium molibdat, natrium arsenat, dan glukosa monohidrat.

Analisis gula pereduksi yang terdapat pada limbah padat tapioka digunakan metode Somogyi-Nelson. Analisis ini dilakukan sebagai dasar konversi dalam pembentukan etanol sedangkan analisis N_{Total} digunakan metode Kjeldahl. Etanol yang terdapat dalam medium didestilasi menurut cara yang diuraikan dalam Farmakope Indonesia (1979) dan kadar etanolnya ditentukan menggunakan metode **Spesific Grafity**

Penentuan mikroorganisme pendegradasi sekaligus penghasil etanol dilakukan dengan uji pertumbuhan mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka yaitu:

1. Inokulasi mikroorganisme kultur tercampur sebanyak 10% dan 20% dari volume reaktor, ke dalam limbah padat tapioka yang sudah dipanaskan.
2. Konsentrasi limbah padat tapioka yang digunakan pada proses fermentasi 50 gr, 100 gr, 150 gr, 200 gr dan 250 gr.

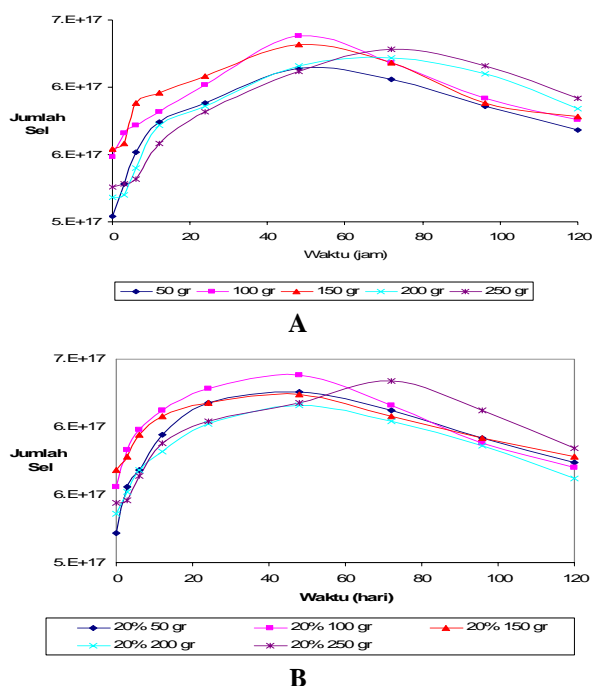
3. Perlakuan dilakukan pada erlenmeyer dengan volume 250 ml dan diletakkan di atas shaker dengan resolusi 150 rpm, pada suhu kamar
4. Sampling dilakukan pada waktu (t) 1 jam, 3 jam, 6 jam, 12 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, 120 jam dan 144 jam. konsentrasi biomassa diperoleh dengan metode TPC. Berat sampel untuk TPC adalah 1 gr.

Uji fermentasi dalam fermentor dilakukan dengan skala laboratorium sebagai berikut:

1. Limbah padat tapioka ditambahkan aquadest, kemudian dipanaskan pada suhu 105°C selama 30 menit. Setelah dingin, limbah padat tersebut dimasukkan ke dalam fermentor.
2. Fermentor dialiri udara pada stirer dengan resolusi 150 rpm, dan dilakukan pada suhu kamar.
3. Sampling dilakukan setiap hari selama 5 hari.
4. Kadar alkohol ditentukan dengan menggunakan metode Specific Gravity

3. Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme ditentukan dari perhitungan TPC (*Total Plate Count*).



Keterangan:

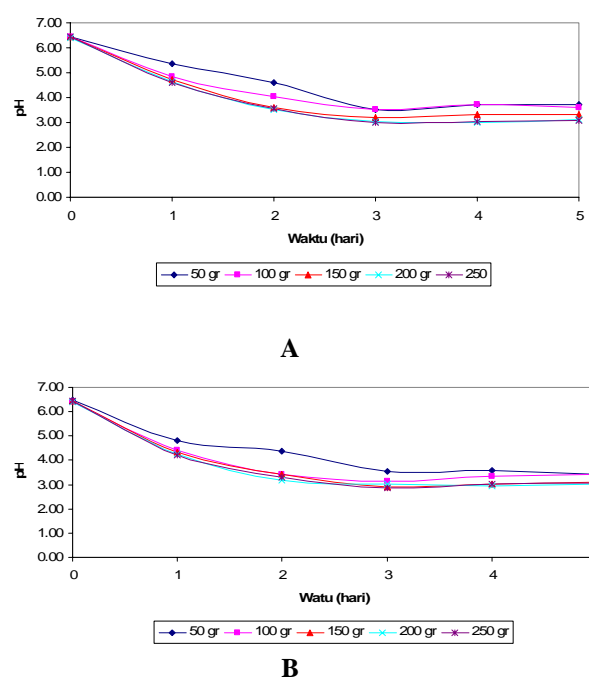
A = penambahan mikroorganisme sebanyak 10%

B = penambahan mikroorganisme sebanyak 20%

Gambar 1. Kurva pertumbuhan mikroorganisme kultur tercampur.

Fase pertumbuhan mikroorganisme dapat diketahui dari kurva pertumbuhan mikroorganisme per waktu, seperti yang terlihat pada Gambar 1. Fase lag terjadi pada awal fermentasi hingga 6 jam, fase eksponensial terjadi pada jam ke 6 hingga ke 48 kemudian terjadi penurunan pada ke 48 hingga 120.

pH. pH merupakan salah satu parameter yang memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan proses fermentasi. Pada Gambar 2 terlihat bahwa penurunan nilai pH menjadi rendah dengan bertambahnya waktu. Pengukuran pH dilakukan setiap hari hingga 5 hari dengan variasi mikroorganisme 10% dan 20% pada setiap perlakuan.



Keterangan:

A = penambahan mikroorganisme sebanyak 10%

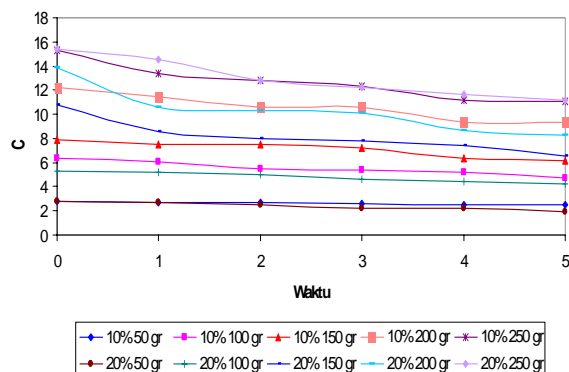
B = penambahan mikroorganisme sebanyak 20%

Gambar 2. Nilai pH pada proses fermentasi terhadap limbah padat tapioka

Hasil pengukuran pH cenderung menurun pada awal fermentasi hingga 72 jam. Penurunan pH disebabkan karena aktivitas mikroorganisme dalam reaktor pada proses fermentasi sedangkan naiknya pH terjadi bahwa sebagian besar bahan-bahan organik merupakan senyawa protein yang menghasilkan amonium dan melepas OH^- sebagai hasil dekomposisinya.

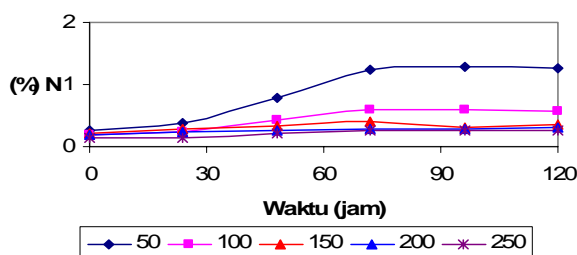
Nilai C_{Organik} . Kandungan C_{Organik} merupakan salah satu tolak ukur dalam proses fermentasi. Hal ini disebabkan karena mikroorganisme menggunakan sumber karbon sebagai energi. Pada gambar terlihat bahwa nilai C_{Organik} yang mengalami penurunan terbesar adalah C_{Organik} dengan berat limbah padat tapioka 250 gr pada konsentrasi mikroorganisme 10% yaitu 15,3%

menurun hingga 11,09% dan nilai C_{organik} yang mengalami penurunan terkecil adalah nilai C_{organik} dengan berat limbah padat tapioka 50 gr pada konsentrasi 20% yaitu 2,81% menurun hingga 1,93%.

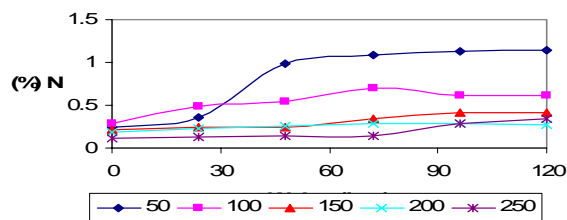


Gambar 3. Nilai C_{organik} pada mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka

Nilai N_{Total} . Penurunan nilai N_{Total} terjadi karena proses nitrifikasi, yaitu adanya penguraian kandungan nitrogen yang berubah menjadi gas-gas sedangkan kenaikan nilai N yang terjadi disebabkan oleh pengaruh metabolisme nitrogen terasimilasi atau hilang karena proses denitrifikasi. Nilai N_{Total} dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



A



B

Keterangan:

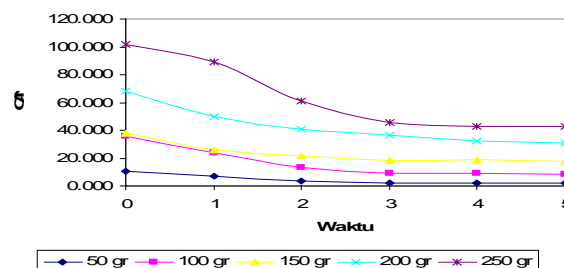
A = penambahan mikroorganisme sebanyak 10%

B = penambahan mikroorganisme sebanyak 20%

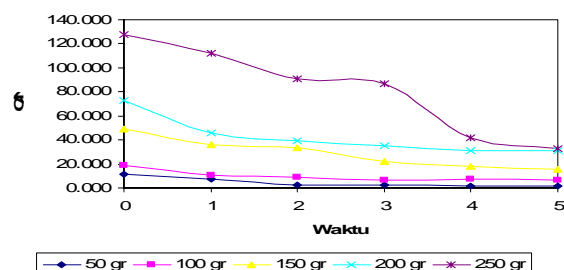
Gambar 4. Nilai N_{Total} pada mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka

Rasio C/N. Mikroorganisme mengurai senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk

sintesis protein. Turunnya rasio C/N menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik. Penurunan rasio C/N berbanding lurus dengan turunnya kandungan C organik dalam reaktor, nilai rasio C/N dipengaruhi oleh nilai % C organik dan nilai % N_{Total} .



A



B

Keterangan:

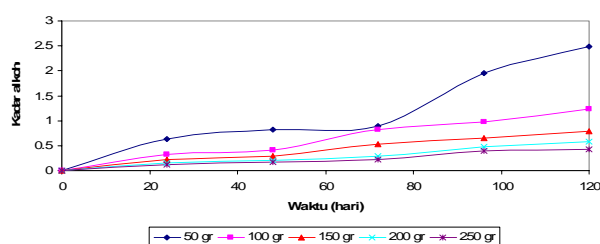
A = penambahan mikroorganisme sebanyak 10%

B = penambahan mikroorganisme sebanyak 20%

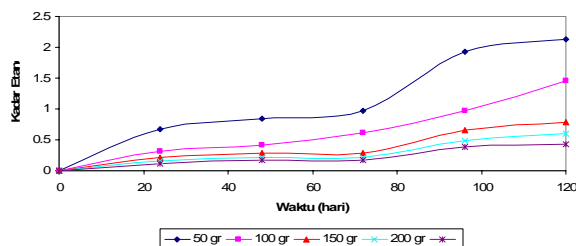
Gambar 5. Rasio C/N pada mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka

Kadar etanol. Pada Gambar berikut menunjukkan kadar maksimum etanol yang dapat dicapai dalam fermentasi ini adalah fermentasi oleh mikroorganisme 10% terhadap limbah padat tapioka 50 gr sebesar 2,485% sedangkan kadar etanol yang dihasilkan dari fermentasi mikroorganisme 20% terhadap limbah 50 gr sebesar 2,123%.

Kinetika Degradasi. Kinetika dilakukan dengan variasi berat limbah padat tapioka dan variasi mikroorganisme. Nilai parameter mix culture 10% pada limbah padat tapioka 50 gr, nilai μ yang diperoleh berkisar antara $\mu = 0,000996-0,006423$ 1/jam, $\mu_m = 0,00826$ /jam, $K_s = 7,55E-11$ mg/l, $Y = 0,0287$ q = 0,034–0,22 l/jam, $Y_t = 0,0287$ /jam, $Y_{\text{obs}} = 0,00099-0,0064$ /jam dan $K_d = 0,022-0,0277$ /jam.



A



B

Keterangan:

A = penambahan mikroorganisme sebanyak 10%

B = penambahan mikroorganisme sebanyak 20%

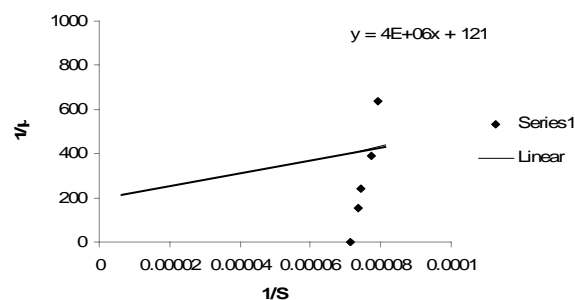
Gambar 6. Kadar Etanol yang dihasilkan oleh mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka

Pada Tabel 1, dalam mendekomposisi limbah padat tapioka terhadap waktu adalah semakin besar, maka nilai konstanta laju reaksi (k) yang diperoleh semakin rendah.

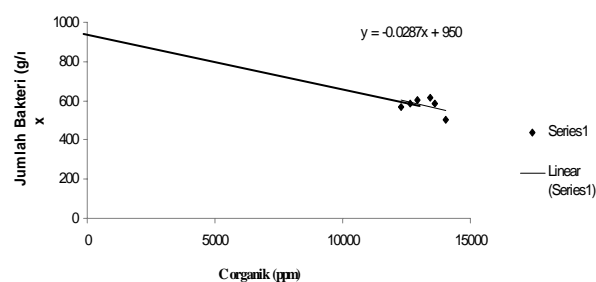
Hal ini dapat dilihat bahwa nilai k terendah terjadi pada konsentrasi mikroorganisme 20% terhadap berat limbah padat tapioka 250 gr mencapai 0,000229 sedangkan nilai k tertinggi terjadi pada penambahan mikroorganisme 20% terhadap limbah padat tapioka 50 gr mencapai 0,00146. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan mikroorganisme secara mix culture dapat mempercepat penurunan laju reaksi dalam mereduksi $C_{Organik}$.

Tabel 1. Rekapitulasi nilai k

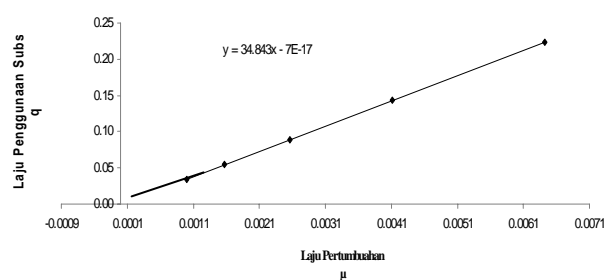
| No | Mikroorganisme | Limbah padat tapioka (gr) | k |
|----|----------------|---------------------------|----------|
| 1 | 10% | 50 | 0,000442 |
| | | 100 | 0,000422 |
| | | 150 | 0,000277 |
| | | 200 | 0,00024 |
| | | 250 | 0,000174 |
| 2 | 20% | 50 | 0,00146 |
| | | 100 | 0,000454 |
| | | 150 | 0,000383 |
| | | 200 | 0,000342 |
| | | 250 | 0,000229 |



A



B



C

Keterangan:

A = kurva hubungan antara $1/\mu$ dengan $1/S$

B = Kurva hubungan antara biomassa maksimum dan C

C = kurva laju utilisasi substrat dan pertumbuhan mikroorganisme

Gambar 7. Kinetika degradasi mikroorganisme terhadap limbah padat tapioka 50 gr

4. Kesimpulan

Limbah padat tapioka dapat didekomposisi (fermentasi) menjadi etanol dengan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*. Kadar etanol yang diperoleh dengan menggunakan kultur tercampur antara *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae* adalah 2,485% pada konsentrasi mikroorganisme 10% dan 2,123% pada konsentrasi mikroorganisme 20%. Nilai parameter mix culture 10% pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0,000996-0.006423$ 1/jam, $\mu_m = 0,00826$ /jam, $K_s =$

7,55E-11 mg/l, $Y = 0,0287$, $q = 0,034-0,22$ l/jam, $Y_t = 0,0287$ /jam, $Y_{obs} = 0,00099-0,0064$ /jam, $K_d = 0,022-0,0277$ /jam; Nilai parameter mix culture 20% pada limbah padat tapioka 50 gr, $\mu = 0,00079-0,007$ l/jam, $\mu_m = 0,007$ /jam, $K_s = 1,7E-10$ mg/l, $Y = 0,0287$, $q = 0,0275-0,245$ l/jam, $Y_t = 0,0287$ /jam, $Y_{obs} = 0,00217-0,0279$ /jam, $K_d = 0,00079-0,007$ /jam. Nilai k tertinggi diperoleh pada berat limbah padat tapioka 50 gr dengan penambahan konsentrasi mikroorganisme 20% sedangkan nilai k terendah diperoleh pada berat limbah padat 250 gr dengan konsentrasi mikroorganisme 20%

Daftar Acuan

- [1] Achmad A. S., Ibrahim S., Ukan S. S., 1986. *Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tapioka Untuk Produksi Etanol dengan Cara Sakarifikasi-Fermentasi Simultan Tanpa Perlakuan Pemasakan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- [2] Caylak, B. & Vardar, S. F., 1996. *Comparison of Different Production for Bioethano*. Ege University. Turkey.
- [3] Cruegar, W. & A. Cruegar, 1984. *Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology*. Science Technology, Inc. Madison.
- [4] Dharmastiti, S.C., T. Yoshida & A. Bhimiratana, 1994. *Production of Glukoamilase from Aspergillus niger*, Dalam: H. Taguchi (ed.). *Microbial Utilization of Renewable Resource*. Vol.4. International Center of Cooperative Research in Biotechnology. Faculty of Engineering. Osaka University. Japan. p. 107-114.
- [5] Dwidjoseputro D., 2005. *Dasar – dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Cet. 16. Jakarta.
- [6] Joan M. K. & Michael J. H., 1985. *Transformation of Aspergillus niger by the gene of Aspergillus nidulans*. Journal of Biotechnology. University of Melbourne. Australia.
- [7] Jorapur M. R. & Anil K. R., 1984. *Alcohol Destillation by Solar Energy*. NimbkarAgricultural Research Institute (NARI), India.
- [8] Pambuyun, Rindit, 1996. *Fermentasi Etanol pada Ubi Talas Liar Tanpa Pemanasan oleh Sacharomyces fibuligera dan Sacharomyces Cerevisiae*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [9] Paturau, J.M., 1982. *By Product of the Cane Sugar Industri*, 2nd ed., Vol. 3, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- [10] Perry & Robert, H., 1984. *Perry's Chemical Engineers Handbook*, Mc Graw Hill Chemical Engineer series 5th ed., New York
- [11] Pujiastuti L., Nonot S., Sri N., 1999. *Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tepung Tapioka menjadi Etanol dalam Usaha Minimisasi Pencemaran Lingkungan*, ITB, Bandung.
- [12] Scott E. B., 2006. *Aspergillus niger Genomic: Past, Present and into the future*. Pacific Northwest National Laboratory, Richland, New York.
- [13] Tani, Y. V. Vongsuvanlert & J. Kumnuanta, 1986. *Raw Casanova Starch-Digestive Glucoamylase of Aspergillus sp. N-2 Isolated from Casanova Chips*. Dalam H. Taguchi (ed.). *Annual Reports of IC Biotechnology*. Faculty of Engineering. Osaka University. Japan. p. 57-65
- [14] Triwahyuningsih N., Rahmat A., 2007. *Pemanfaatan Energi Biomassa sebagai Biofuel: Konsep Sinergi dengan Ketahanan Pangan*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- [15] Wanter, E.P., 1979. *Proses Industri Kimia*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- [16] Yusma, 1999. *Pemanfaatan Limbah Molase dalam Pembuatan Etanol Secara Fermentasi*, Puslitbang Farmasi, Badan Litbangkes, Depkes RI, Jakarta